

1 携帯カイロの温度変化に関する研究

1. 研究の目的

寒い時期に便利な携帯カイロ(以下カイロ)は、一般に、鉄が酸化する際に発生する熱を利用してゐる。私たちは、この発熱温度や持続時間を、カイロを構成する物質の量や種類を考えることで、さまざまに変化させることができるのではないかと考えた。そこで、市販のカイロよりも高い温度を示し、長時間発熱するカイロを作ることができるのではないかと考え、さまざまな自作カイロを製作し、温度変化を計測する実験を試みた。

2. 研究内容

実験 1

別々の会社から販売されている5種類のカイロの最高発熱温度と持続時間^{*1}を調べた。このとき、カイロの中身をビーカーに移して、その中に温度センサーを差し込み、温度変化を計測するという方法をとった。室温や温度センサーなどすべて同じ条件で測定を行った。結果は、市販カイロの最高発熱温度は60~67℃という範囲で、持続時間は30~40分間であった。

実験 2

自作カイロを製作した。材料には鉄粉、水、活性炭素、塩化ナトリウム、高吸水性ポリマー、バーミキュライトを用いた。発熱物質である鉄の量を0.050molから0.40molまで0.050molごとに増加させて、実験1と同じ方法でカイロの温度変化を計測した。結果は、鉄の量が0.15mol以上で、市販カイロよりも最高温度が上がり、また持続時間も長くなった。

実験 3

金属のイオン化列に着目し、鉄よりもイオンになりやすい亜鉛では、より急激に酸化して高温を示し、鉄よりもイオンになりにくいニッケルでは、鉄よりも低温を示すと考え、実験1と同様の実験を行った。結果は、亜鉛は、最高温度が81℃に到達したが、持続時間が鉄より約20分短かった。ニッケルはほとんど発熱せず、開始時の温度と変わらない22℃のまま温度変化は見られなかった。

実験 4

持続時間をより長くするという目的で、持続時間が比較的長い鉄と、最高温度が比較的高い亜鉛を混合し、その混合割合を変化させて実験1・2と同様の測定を行った。結果は、混合割合に関わらず、鉄と亜鉛それぞれを単独で用いたときよりも最高温度を上げたり、持続時間を伸ばしたりすることはできなかった。

3. 研究のまとめ

- (1) 鉄の量を多くすることで、最高発熱温度を高くすることができた。ただ、鉄の量がある一定量を超えると、持続時間に変化がないことが分かった。
- (2) 発熱物質を鉄から亜鉛に変えると、最高発熱温度は上がったが、持続時間は短くなった。一方、鉄よりもイオン化傾向が小さい金属では発熱しないことが分かった。
- (3) 鉄と亜鉛を混合したカイロでは、最高発熱温度と持続時間は、それぞれを単独で用いたときよりも下がった。最高温度を高くしつつ、持続時間を伸ばすためには、別の工夫が必要だと思われる。

【用語解説】

・持続時間^{※1}

市販カイロの持続時間の定義は、「カイロが発熱して40℃を超えてから40℃を下回るまでの時間」である。(桐灰化学株式会社ホームページ「特集 カイロのしくみ」2013/10/1より)

・活性炭素

粒子表面の微孔に空気を取り込み、酸素を供給して反応を促進する。

・バーミキュライト

ヒル石(日本名)という雲母系の原鉱石から作られる人工用土。粒子表面の微孔に水を取り込み、保水剤としての役割をもつ。高吸水性樹脂もこの役割をもつ。

・金属のイオン化列

「 $Li > K > Ca > Na > Mg > Al > Zn > Fe > Ni > Sn > Pb > (H_2) > Cu > Hg > Ag > Pt > Au$ 」

金属を並べた列で、上列左の金属ほど陽イオンになりやすい。これを「イオン化傾向が強い」という。イオン化傾向が強い金属は、電子を失って陽イオンになりやすく、酸化されやすい。また、そのような金属の単体は、水・空気・酸などと激しく反応する。なお、水素(H_2)は金属ではないが、比較のために列に入れてある。

【メモ】

2 残留牛乳の噴出現象の解明

1. 研究の目的

飲み終わった牛乳パックを洗う際に熱湯を注いで振ると内容物が勢いよく吹き出すという現象があることを知り、興味を持った。その牛乳パックの中ではどのような変化が起こり、この現象が引き起こされるのかを追求することにした。

2. 研究内容

実験 1 牛乳と水の比較

この噴出が牛乳に含まれる成分によって起こる現象なのかを解明するために牛乳と水で実験した。容積 230ml の三角フラスコに牛乳または水を 5ml、熱湯を 50ml 入れて密栓して振り、気体の体積膨張を測定した。その結果、増加した体積の値の平均値が牛乳と水ではほぼ一致したため、この現象は牛乳特有のものではないことが示唆された。

実験 2 ボイル・シャルルの法則との比較

実験 1 の現象をより詳しく調べるため、実験 1 と同様にして加える水の温度を変えて体積変化を測定した。その結果、温度と体積は比例関係であることがわかった(図 1)。また、水の結果も牛乳とほぼ変わらない結果が得られた(図 2)ので、これ以降の実験は水のみで行うことにした。

温度と体積の比例関係のグラフが得られ、それはシャルルの法則のもとで成り立つのではないかと考え、この法則に対する検証を行うことにした。水を 5ml、温度を変えたお湯を 50ml 入れて振り、体積変化と圧力変化を別々に測定した。その結果、シャルルの法則及びボイル・シャルルの法則に従っていることが分かった(図 3)。

実験 3 圧力減少の解明

実験 2 内では、水を加えて振り始めた瞬間に、一時的な圧力の減少が起こっていることが観察された。この現象を疑問に思い検証することにした。加える水の量、温度をそれぞれ変えながら瞬間的な圧力の減少量を測定した。その結果、加えた水にフラスコ内の気体が溶解することが原因であると考えられた。

3. 研究のまとめ

- (1) 噴出は牛乳に関わらず起こる。
- (2) 温度の変化による体積の膨張が噴出の一因である。
- (3) ボイル・シャルルの法則に従う傾向がみられた。
- (4) 一時的な圧力の減少は水に対するフラスコ内気体の溶解によるものであることが示唆された。
- (5) 研究のきっかけは牛乳に対する現象の解明であり、結果としてその現象は、牛乳特有のものではないことがわかったが、今回の研究を進めていくうちに、その後授業で新しく学んだ法則が関係していることがわかり、気体の法則について深く考えることができた。

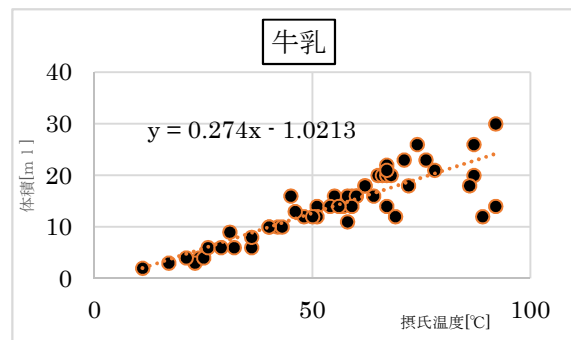


図 1 : 加える水の温度の違いによる気体の体積変化(牛乳)

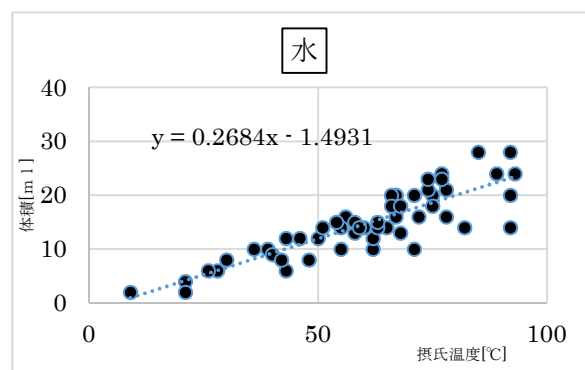


図 2 : 加える水の温度の違いによる気体の体積変化(水)

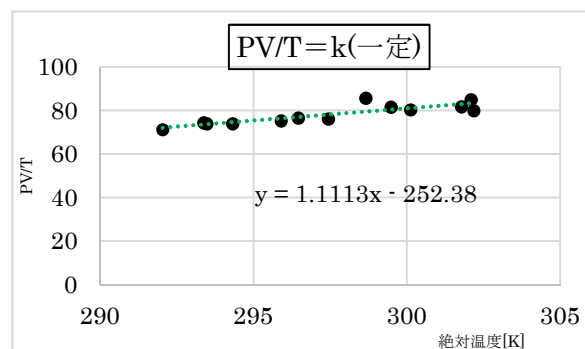


図 3 : ボイルシャルルの法則との比較

【用語解説】

・ボイルの法則

一定温度の下で一定質量の体積Vは圧力Pに反比例する。

$$V = k / P \quad (k : \text{定数})$$

・シャルルの法則

一定圧力の下で一定質量の体積Vは絶対温度T (摂氏温度+273)に比例する。

$$V = k T \quad (k : \text{定数})$$

・ボイル・シャルルの法則

一定質量の気体の体積Vは圧力Pに反比例し、絶対温度Tに比例する。

$$P V / T = k \quad (\text{一定})$$

・気体の溶解度

1013hPa の下で、水 1ml に溶解しうる気体の体積[m1]を標準状態(0℃、1013hPa)に換算した値で示される。一般に、水の温度が低いほど、その溶解量は増加する。

【メモ】

3 コロイド溶液の凝集に関する研究

1. 研究の目的

私達は、化学の授業でコロイドについて知り関心を持った。代表的なコロイド溶液としては牛乳など身近にあるものも多い。コロイドは凝集剤を用いて沈殿させることができることを知った私たちは市販の凝集剤を用いて、様々な凝集実験を試みた。

2. 研究内容

実験1 凝集剤による凝集効果の検証

コロイド溶液(牛乳、泥水、絵具)に各種の凝集剤を加えその効果を検証した。泥水は鬼瓦用の粘土、なめ土を一定量蒸留水に入れて作成した。その結果、有機凝集剤と無機凝集剤を組み合わせた場合が最も良い結果が得られた。また、泥水は問題なく凝集した。絵具は最初不十分だったが、溶かす量を小さくしたところ沈殿させることができた。しかし、牛乳は十分に沈殿せさせることができなかった。

使用した凝集剤

無機凝集剤：ポリ塩化アルミニウム(大明化学工業のタイパック)

ポリ硫酸第二鉄(多木化学工業のダンパワー)

有機凝集剤：多木化学工業のタキフロック

以上の凝集剤を組み合わせ使用

実験2 牛乳の凝集

牛乳について調べたところ、タンパク質を主成分とするカゼイン、もしくは脂肪球のどちらかが凝集せずに残っている可能性があることがわかった。酸を加えることにより凝固分離することができたため凝集せずに残っていたのはタンパク質のカゼインだということがわかった。私たちは加える酸として数種の市販の清涼飲料水を使用した。実験では pH が小さいものが最も効果が大きかった。

実験3 牛乳の凝集 その2

実験2でタンパク質の酸凝固のみで粒子が凝集したのかどうかの検証実験を行った。その結果、凝集剤を入れなかった場合、凝固した粒子が浮遊し沈殿にいたらなかったため、凝集には凝集剤が必要であると分かった。

実験4 身近な様々なコロイドの凝集

凝集剤の効果を確認した私たちは、身近にある様々な溶液の凝集沈殿を試み、成功させた。

3. 研究のまとめ

- (1) 有機凝集剤はそれのみではコロイド溶液に対して十分に凝集効果を発揮できない。無機凝集剤と組み合わせることにより効果的に凝集させることができる。
- (2) 無機凝集剤を用いなくても、粒子を凝固させることができれば有機凝集剤により凝集沈殿させることができる。
- (3) タンパク質の酸凝固について、pHが小さい程効果が大きい。ただし、凝固にかかる時間以外には、用いた酸の違いによる大きな変化は見られなかった。

【用語解説】

・コロイド溶液

1nm から 100nm 程度の大きさを持つコロイド粒子が溶媒中に分散した溶液。ろ紙は通過できるが、セロハンのような半透膜は通過できない。放置しても様々な理由により、コロイド粒子が沈殿することはない。

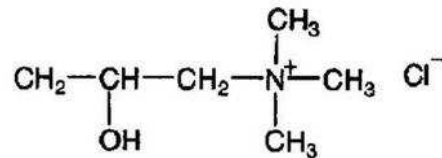
・凝集

粒子状の物が集まって塊上になること。コロイド粒子が多数集まり大きな粒子になるときも使用する。(電解質を用いて凝集を行う場合を特に凝析、塩析という)

・有機凝集剤

有機化合物からなる凝集剤。各種の排水処理に広く使用されている。ある程度の大きさになった粒子を凝集しフロックを形成する。今回の実験では多木化学工業のタキフロックを使用。負の電荷を持ったイオンからなる有機凝集剤をアニオン系凝集剤という。

タキフロックは第四級アンモニウム塩のアニオン系高分子化合物であるため次のような構造を含む化合物と考えられる。



・無機凝集剤

無機化合物による凝集剤。分散するコロイド粒子を纏め、小さい塊を作る。今回の実験では大明化学工業のタイパック(ポリ塩化アルミニウム)と多木化学工業のダンパワー(ポリ硫酸第二鉄)を使用。

・フロック

凝集によって生成する小さな塊。

・カゼイン、脂肪球

これらのコロイド粒子の分散により、牛乳は白く見える。カゼインはタンパク質とカルシウムの複合体。直径数 nm から数百 nm と非常に小さい粒子。脂肪球に関しては市販の牛乳はホモジナイズという脂肪球を細かく分散化させる操作を行っている為、放置しておいても凝集しない。直径 0.1~10 μm 。

【メモ】

4 光に対するクズの反応

1. 研究の目的

本校のグラウンド東端、栖吉川沿いの土手にはたくさんのクズが生えている。クズ(*Pueraria lobata*)はマメ科クズ属の多年草で日本各地に広く分布している。また生命力の強い植物として海外では外来生物として危険視されることもある。クズについて調べているうちに、クズは「強い光を避けるために調位運動を行う」ということが分かり、それがクズの生命力の強さの要因なのではないかと考えた。また調位運動を行うことから、クズは光受容体を持つのではないかと考えた。そこで光に対するクズの反応について観察することとした。

2. 研究の内容

実験 1

クズが行う光を避ける調位運動を確認する。図のように木製の枠にスクリーンを張ってそこにクズの葉の影を映し、紙の下から一定の時間間隔で写真を撮った。葉が太陽から受ける光の量が減っているということは映った影の面積が小さくなるということである。このとき太陽の位置の変化に伴い影が伸縮してそのままでは正しい面積を求めることができないので、ピンポン球の影をスクリーンに同時に映すことで影の面積の変化を補正できるようにした。葉の影の面積とピンポン玉の影の面積の比を画像処理ソフトで求めることで1日の中での葉の運動を観察した。

結果 1

実験を行った日は、午前中少し曇ったことを除けばほぼ1日中直射日光が差ししており、太陽光の強さは正午ころが最も強かった。写真の分析の結果、正午から午後2時にかけて最も葉の影の面積が小さくなった一方、朝夕は影の面積が大きくなった。

実験 2

クズが光受容体を持つか波長に注目して調べる。パーミキュライトに種子から育てたクズを植え、赤(波長:625nm)と青(470nm)の光をそれぞれ横から当てた。それを恒温器に入れて、一定の間隔で写真を撮影した。

結果 2

写真の分析の結果、赤色光に対して屈曲しなかったが、青色光には反応し光の来る方向に莖全体が曲がっていることが確認できた。さらに葉が青色光の来る方向に向いていた。

3. 研究のまとめ

- (1) 実験1の結果から、太陽光が強い時は葉が太陽から背くように運動し、あまり強くない時は太陽の方を向くように運動しているということがわかった。光合成によってより多くのエネルギーを蓄えるためには太陽光線に正対してできるだけ多くの光を吸収することが必要であるが、光が強い時は逆に太陽光線を避けるという特徴が確認された。今回の実験で、調位運動を自作の器具で数値的に観察する方法を打ち立てることができた。ただし、調位運動が起こる波長の条件やその意義に関しては詳しく調べることができなかった。今後は光の色や、温度を変えての実験などによりさらに検証の必要がある。
- (2) 実験2の結果から、青色光にクズが反応することがわかった。青色光の来る方向に莖全体が屈曲し、葉もそちらに向いていたことから、クズの個体には青色光に反応する受容体が存在していると推測される。今後、他の波長の光に対する受容体が存在するか、またはクズの個体のどの部分に受容体が存在するのか、葉や莖の一部を切り取った個体を用いてさらに実験を行いたい。また実験1に関連して、光をさらに強くした場合に光を避けようとする運動が起こるかどうかが検証したい。

【用語解説】

・調位運動

様々な植物(特にマメ科の植物)が行う太陽光の強さによって植物が葉の角度を変える運動。太陽光を避けようとする運動と太陽光を受けようとする運動がある。この調位運動には水の利用効率を高める効果、葉温上昇を防止する効果、あるいは光合成の阻害を防止する効果があるということが予想されている。

・光受容体

光を受け取る物質。植物では赤色光に反応するフィトクロム、青色光に反応するフォトトロピンやクリプトクロムが代表的である。

・バーミキュライト

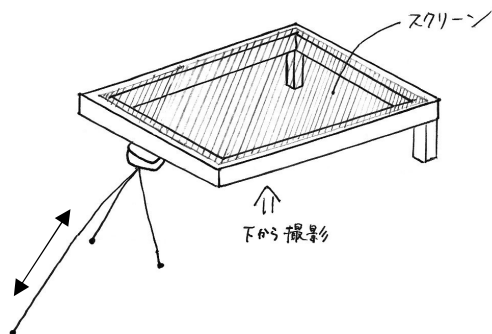
栄養分が入っていない土。

・恒温器

内部を一定温度に保つ機器。

【図】

- ・実験1で用いた片方が伸縮可能な脚を持つスクリーン



【メモ】

5 淡水生シジミの水質浄化作用について

1. 研究の目的

私たちは水質浄化に興味があり、特に生物を用いた方法に着目して研究を進めることにした。淡水生シジミ(以下、シジミとする)に水質浄化作用があることについては、既に知られている。論文を調べていくと、周りの自然環境がシジミの浄化能力に影響を及ぼすことがわかった。しかし、その環境要因のうちの何が影響したのかは、その論文で示されていない。また別の論文から他の二枚貝では、懸濁物質の粒径によって浄化効果に差がみられることがわかった。そこで私たちは、長岡市内の水田の用水路で採集したシジミを用いて、その浄化作用が効率よくはたらく条件を明らかにすることを目的として研究を始めた。

2. 研究内容

実験 1

調べた論文で「夏にシジミの浄化能力が高まる」と述べられていたことから、私たちは夏の川の平均水温に近い、水温 20℃付近で最も効率よく浄化されるという仮説をたてた。

シジミの浄化能力が水温によってどのように変化するかを調べるために、酵母菌で濁らせた水の中にシジミを入れ、水温 5℃、10℃、20℃、30℃の環境下で濁りがとれる様子をインターバルレコーダーで撮影した。その動画を白黒加工し、水の色を DigitalColor Meter で数値化して、一定時間経過後の様子を比較した。

結果 1

シジミが水中にいない場合、酵母菌が沈殿するにはおよそ 13 時間かかり、水の濁りも完全には消えない。シジミがいる場合の実験開始から 7 時間後の濁り具合を比較してみると、水温 5℃、30℃のときは濁りが残っていたが、10℃、20℃のときは十分に濁りが消えていた。10℃、20℃のときに一定時間経過後の様子を比べると、大きな差はみられなかった。

実験 2

シジミの浄化能力では、粒径が一定値より小さい物質を浄化できないという仮説をたてた。

そこで、重力沈降法によって土を粒径 1.0 μm 以下、5.0 μm 以下、10 μm 以下の 3 種類に分類し、それぞれの土で濁らせた水の中にシジミを入れ、その水がシジミによって浄化される様子をカメラで撮影して、実験 1 の方法と同様に比較した。

それぞれ実験開始時と比べて色の差が一定値までひらいた時点で、シジミの浄化能力が働いたものとみなした。

また、粒径約 5.5 μm のトナーと粒径約 1.0 μm の牛乳を薄めた液を用いて同様の実験を行った。

結果 2

粒径 5.0 μm 以下の土、10 μm 以下の土、トナーではシジミによって浄化される様子がみられた。

1.0 μm 以下の土、牛乳を薄めた液では色の変化がみられなかったが、どちらにおいてもシジミを入れた懸濁液において細長い塊が確認された。しかしそれがシジミから排出されたものなのかは今回の実験ではわからなかった。

3. 研究のまとめ

シジミの水質浄化能力は 10℃～20℃の環境下で高まる。よって水温に左右されていることが明らかになった。しかし水温 10℃と 20℃の間には差がみられなかったため、「夏にシジミの浄化能力が高まる」ことに水温の変化は大きく関係していないことがわかった。

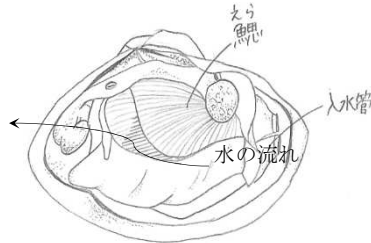
また、懸濁物質の粒径によって浄化効果に違いがあり、少なくとも粒径 5.0 μm より大きい物質は浄化されることがわかった。

【用語解説】

・淡水生シジミ

淡水域に生息しているシジミのこと。今回の実験では、長岡商業高校の近くの用水路で獲れたマシジミ (*Corbicula leana*) とタイワンシジミ (*Corbicula fluminea*) の2種類を指す。

この2種には外形による判別方法があるものの、判別が難しい個体も存在する。採集したシジミを殻の色によって判別したところ、マシジミとタイワンシジミ(濃色型)が混在していることがわかった。この2種類はDNAの違いによって区別することが難しいとする論文もあるため、私たちはこの2種類を区別せずに用いた。



・インターバルレコーダー

一定時間ごとに撮影した写真をつなぎあわせて動画として保存できる機械。

今回の実験ではキングジム社のインターバルレコーダー「レコロ」IR7を使用した。

・DigitalColor Meter

パソコン画面上で選んだピクセルの色のRGB値を表示できるソフト。

今回の実験では動画や写真を白黒加工したため、0~255の間で1つの値をとる。

値が0に近いほど色は黒に近く、255に近いほど白に近い。

・重力沈降法

自然重力を用いて、粒子の沈降速度から粒子径を測定する方法。

【メモ】

6 プラナリアの光走性

1. 研究の目的

一般的にプラナリアには負の光走性があると言われている。しかしながら、ある論文において餌を用いた学習によってプラナリアに正の光走性を条件付け出来ると示唆された。プラナリアの光走性に興味を持った私たちは、まず予備実験としてプラナリアは負の光走性を確かに持っているのか、また正の光走性を条件付けすることは可能かを実験した。その結果プラナリアには負の光走性があり、学習によってその走性を抑えることは可能であるが、一定期間経過後に元の負の光走性が確認された。したがってすべての個体は負の光走性を持つことがわかった。また実験の最中に本研究に用いていた双眼種プラナリアの中に過剰眼個体を発見し、これも通常の双眼個体と同じように負の光走性を伴った行動を見せていた。眼異常個体であるにも関わらず個体の行動に特異な点がないことを不思議に思い、目の異常と光走性の関連性について研究した。

2. 研究の内容

実験 1

2つの18cm四方のプラスチック容器に明所(約200ルクス)と暗所(約20ルクス)を作り、一方の容器には明所に餌として鳥レバーをおき、もう一方には暗所に餌を置いた。それぞれの容器に一日一回8匹ずつプラナリアをいれ一週間餌付けによる条件付けを行った。明所において餌付けをした個体(以下明所個体)は餌がない状態でも明所に滞在する頻度が高く、暗所において餌付けした個体(以下暗所個体)は滞在する頻度が低かった。一週間後に同様の試行をしたところ、明所個体の明所に滞在する頻度が減少し、暗所個体は大きな変化はなかった。したがってプラナリアは負の光走性を確かに有し、それを抑える学習は可能であるが、一定期間経過後に元の走性に戻ったと推測された。

実験 2

針金を用いて双眼種プラナリアの左目もしくは右目の色素塊を摘出し、人工的に片目しか持っていない眼異常個体(以下単眼個体)を左右8匹ずつ作成した。シャーレの中にスライドガラスを用いてT字路を作り、単眼個体と通常の双眼種プラナリア(以下双眼個体)を曲がり角の直前に入れた。正面から光を当て、T字路を左右に曲がった回数を各個体16回計測した。両個体において個体により左右の比率は一定ではなかった。また、実験最中にT字路を引き返し光と逆の方向に向かう行動を観察できた。したがってプラナリアは目が無い方向を暗闇であると判断しないと推測された。また片目でも双眼個体と同じく正確に光の方向を判断する何かしらの方法を持っていると推測された。もうひとつの仮説としてプラナリアは光の有無しか感じるができず、暗所で動きが無くなるために片目だけで事が足りるのではないかと考えられるが、実験1において暗所と明所でプラナリアの動きに有意な差は無かったためにこの仮説は適当でないと思われる。

3. 研究のまとめ

- (1) プラナリアは確かに負の光走性を持っていた。
- (2) 負の光走性を抑える学習は可能であったが、一定期間経過後に元の走性に戻った。
- (3) 眼異常の有無にかかわらず負の光走性を見せた。
- (4) プラナリアは目が無い方向を暗闇であると判断しなかった。
- (5) 単眼個体は片目だけで光の方向を判断する何かしらの方法を持っていると推測される。

【用語解説】

・ プラナリア

動物界扁形動物門渦虫綱の総称である。今回の実験では三岐腸目淡水生三岐腸亜目ドゲシア科ナミウズムシ属ナミウズムシ(*Dugesia japonica*)もしくは三岐腸目淡水生三岐腸亜目ドゲシア科アメリカナミウズムシ属アメリカツノウズムシ(*Girardia dorotocephala*)とみられる個体を用いた。著しい再生能力を持ち広く再生の実験に用いられる。また原始的な脳を持ち、有性個体(雌雄同体)と無性個体がある。

綺麗な河川や湧水に生息し、肉食である。目は像を結ばず光を感じるのみの杯状眼であり、光に対して負の走行性がある。

・ 過剰眼・単眼個体

今回用いたプラナリアには通常一対の眼があるが、稀に眼が三個以上ある個体である過剰眼個体や眼が一個ないしは一対の眼のうち、1つの色素塊が欠損した単眼個体が自然環境下にも存在する。

・ 負の光走性

対象生物に光を当てた際に光がないところに移動する性質。

・ 色素塊

杯状眼の色素細胞を含む感光部。視細胞の感光部が色素細胞に包まれた構造で構成されている。

・ 摘出

外科的方法で対象組織を取り除くこと。なお、今回実験の対象に用いたプラナリアは痛覚が無いということが通説である。したがって色素塊摘出は倫理的問題に相当しない。

【メモ】

7 土のひび割れに関する研究

1. 研究の目的

土のひび割れは田んぼや家のプランターなどでみることができる。本実験では、土が乾燥する際にひびが入るといった性質に着目し、その特徴を明らかにすることを目的として、研究を始めた。

2. 研究内容

実験で使用する土は、長岡市内で採取した赤土を用いた。採取した赤土を、ふるいを用いて粒度ごとに0.25mm以下、0.25mm～0.50mm、0.50mm～1.00mmの3種類に振り分けた。その振り分けた赤土を用いて、以下の実験を行った。

実験 1—1

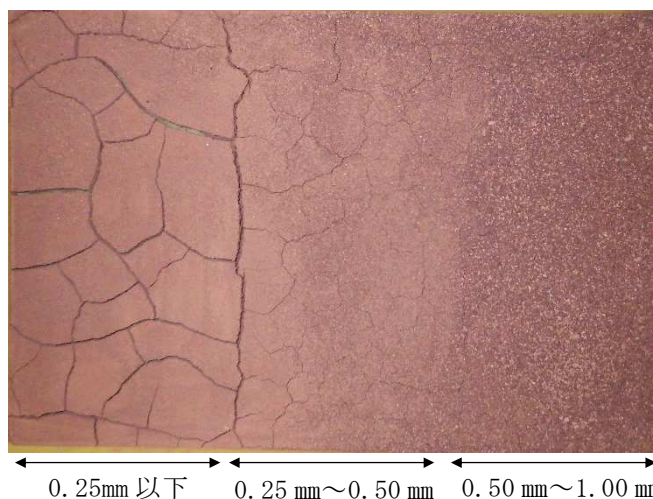
〔実験方法〕ふるい分けた3種類の赤土に水を加えてよく混ぜ、赤土の厚さが1cmになるようにコンテナに流し込み、約1週間乾燥させて、乾燥後のそれぞれのひび割れの様子を観察した。

〔結果と考察〕0.25mm以下の粒子は一番乾燥する速度が速く、またひびも一番大きく深く入った。0.50mm～1.00mmの粒子ではなかなか乾燥せず、ひび割れもほとんど見ることができなかった。粒度が小さいほどひび割れが深く大きく入ったのは、粒度が小さいほど粒子の表面が速く乾燥し、水が抜けにくいコンテナ底面側の赤土との収縮の差が大きくなったためだと考えた。

実験 1—2

〔実験方法〕実験1—1と同様のコンテナに左から順に0.25mm以下、0.25mm～0.50mm、0.50mm～1.00mmの粒子をそれぞれ300gずつ流し込み、同じ状況下で乾燥させた。

〔結果と考察〕まず0.25mm以下の粒子と0.25mm～0.50mmの粒子との境目からひびが入り始めた。その後0.25mm以下の粒子がほとんど乾燥しきってから0.25mm～0.50mmの粒子がひび割れ始めた。この実験から、粒度が小さいほど乾燥速度が速いことが明らかになった。



実験 1—3

〔実験方法〕ひび割れが一番顕著にみられた0.25mm以下の赤土のみを用いた。ガラス板の上に水を加えた赤土を敷き、ほぼ同じ大きさの石を横一列に4つ埋め込んで乾燥させた。

〔結果と考察〕乾燥させると、まず石の周りからひびが入り始め、石を中心に放射状にひび割れがみられた。これは、石を埋め込んだことにより石の周りの粒子を外側に押す力がかかり、その方向にひび割れが起きやすくなったため、放射状に割れたのだと考えた。

実験 2

〔実験方法〕ひびの入った部分と入らなかった部分の赤土をそれぞれ採取し、含まれている鉱物の同定を行い、含有比率を比較した。

〔結果と考察〕赤土からは、赤鉄鉱、磁鉄鉱、黒雲母、石英、長石が確認できた。また、含有比率に大きな違いは見られなかった。

3. 実験のまとめ

- (1) 土のひび割れの大きさや深さや乾燥速度は、粒度が小さいほど顕著であり、粒度が大きいほど控えめだということが分かった。
- (2) 土のひびが入った所と入らなかった所では土を構成する鉱物に差がないことが分かった。

【用語解説】

・ 粒度

粒子の大きさのこと

【メモ】

8 一般化三並べの発展的研究

1. 研究の概要

最初に、用語解説を参照されたい。一般化三並べというテーマを耳にしたことがある方は少ないであろうが、「○×ゲーム」・「五目並べ」といったゲームは知っているだろう。このテーマは難しい数学の知識は全く必要とせず、前述のように有名なゲームにも深く関わっている一方で、未解明な事項、未調査な事項も存在する。今回の研究では未調査な事項についての研究をした。

前半では私たち以外の方による既存の研究を解説し、後半では私たちによる研究と今後の展望を説明する。

2. 既存の研究

【図4】に示したように、ほぼすべての形についての勝ち型か負け型かの判定は済んでいる。(未解明は同図右下の snaky と呼ばれる形のみである。)その判定方法を以下に示す。

勝ち型であることの判定方法

基本的に、後手の考えられる手を全てしらみつぶしに考慮し、全てにおいて先手が勝利する事を示す。よって、目指す形が大きければ大きいほど考察量は爆発的に増大する。

負け型であることの判定方法

「畳敷き戦略」と呼ばれる、勝負がつかない事を証明する際に非常に有効な方法がある。

後手は【図5】のように盤面を2マスずつの畳に分けて、常に先手が置いた畳のもう一方のマスに置くという戦略をとる。すると、先手は1枚も畳を取れないことになる。【図5】の左の形は畳を1枚も含まずに盤面には置けないので、先手はその形を作れない。よって、この形は負け型である。

3. 私たちによる研究

今までの研究では【図4】のような形が研究されてきたが、私たちは【図6】のような、目指す形が縦・横だけでは繋がっていない形を考察した。

判明した事

- ・今までの研究対象の形と比較して、同じ大きさでも目指す形の種類が多い。
- ・【図7】に示したように、既存の形と同一であるとみなせる形もある。
- ・畳敷き戦略が通用する形は非常に少ない。
- ・大きさが4以下の形は1種を除き全てが勝ち型である。
- ・大きさが5の形は8種だけ勝ち型であることの証明ができた。(【図6】参照)
- ・大きさが5の形は12種だけ負け型であることの証明ができた。(【図6】参照)
- ・ダブルリーチの種類が多さなどからその形の作り易さを数値化し、その数値は目指す形の持つ対称性に依ることを示した。

予想した事(未解明)

- ・目指す形が線対称である、またその対称軸が多いほど負け型になりやすい。
- ・大きさが5である形はその形に1つでも対称軸を含むと負け型である。
- ・snaky は負け型である。

4. 今後の展望

- ・前述の「予想した事」を証明する。
- ・大きさが6以上の形も考える。
- ・勝ち型、負け型であることの効率的な判定方法を確立する。

【用語解説】

・一般化三並べ

「三並べ」とは、いわゆる「〇×ゲーム」のことである。3×3の盤面で2人の対戦者が交互に〇と×を書き、自分の記号を縦・横・斜めのいずれかで1列揃えることを目指すゲームである。本研究の課題「一般化三並べ」は、それを一般化したものにあたる。

本研究では〇と×を使わず、先手を黒、後手を白として扱う。さらに、盤面は無限に大きく、先手・後手とも自分が勝つように最善の手を尽くすものとする。

「三並べ」(つまり〇×ゲーム)では、【図1】の形のどちらかを自分の色で作れば勝ちである(ただし回転・反転した形を作っても良い)。「一般化三並べ」では、この目指すべき形を別のものにしたゲームを考える。例えば、【図2】の形を目指すと約束したらそのゲームのうち先手・後手は両者ともその形を作ること为目标とし、作れたら勝ちとなる。

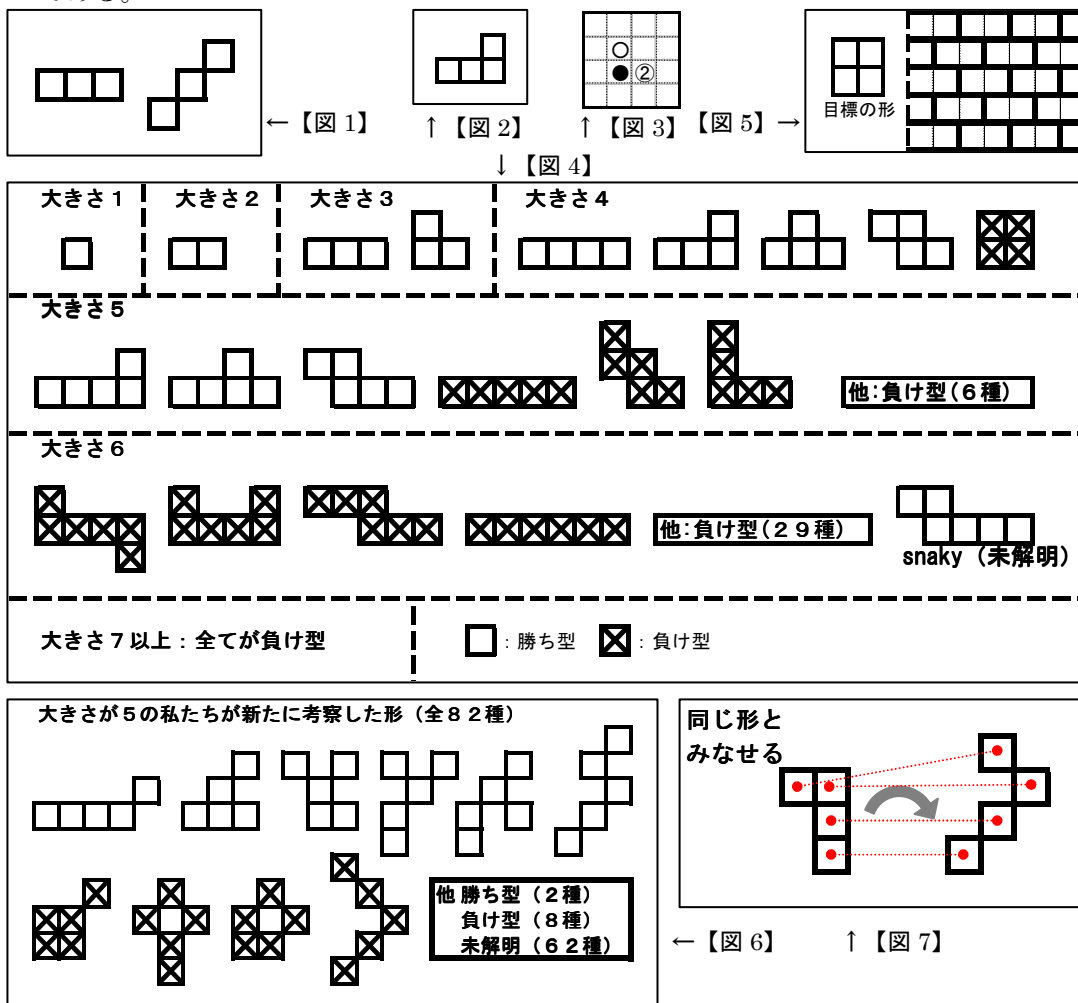
・勝ち型・負け方

実は、普通のルールでの〇×ゲームでは両者が最善の手を尽くせば勝負はつかない。このように、どちらが勝つ事も出来ないゲームを「負け型」のゲームと呼ぶ。

しかし、〇×ゲームの盤面の大きさを4×4以上に拡張すると、そのゲームは先手に必勝パターンが存在する。(先手は2手目を【図3】の②におくとダブルリーチになる。)このように、先手必勝のゲームを「勝ち型」のゲームと呼ぶ。

また、完全に後手は先手よりも不利なので、明らかに後手が勝つことはなく、後手は常に先手を防ぐ事に徹する。

本研究のテーマは、一般化三並べはどのようなときに勝ち型、負け型になるのかを調べる事である。



9 サイコロから求める誕生日の確率

1. 研究の目的

同じクラスの中に同じ誕生日のペアが1組以上存在する確率は約89%、同じクラスの中に自分と同じ誕生日の人が1人以上存在する確率は約10%という記事の本を見て、想像以上に高い確率だったので、誕生日というテーマに興味を持った。そして365日の各日付の誕生日の人が同じ人数存在するためにはどれだけの人数が必要になるのか疑問に思った。身近に存在するサイコロを利用して、その人数を求めることを目標に研究を始めた。

2. 研究内容

コイン、正四面体、正六面体、正八面体、正十二面体のサイコロを振り、出た目の回数を計測し、それぞれのサイコロでそれぞれの目について本来の収束回数の誤差10%以内に収まるためにはどれだけの試行が必要か求めた。また、コインを除く各サイコロにおいて収束回数が一番多かったものと一番少なかったものを除いて平均をとった。この作業を2回繰り返し、平均を求め、それらをそれぞれのサイコロの収束回数と定義して研究を行った。

求めたそれぞれのサイコロの収束回数から確率において乗法的関数の定義が成り立つか考察し比例の関係性など多くのアプローチから誕生日の全日数である365日に人数が等しく分配されるためにはどれくらいの人数が必要になるのか求める。

3. 研究のまとめ

- (1) Excelで乱数を発生させることのできるrand関数はある値を元に、それに対応する乱数列を発生させ、規則的な数列を繰り返すだけなので本研究には適当ではない。
- (2) 確率において乗法的関数の定義が成り立つと予想される。
- (3) 乗法的関数が成り立つとさまざまな事象が成り立つと推測され、発展性があると考えられる。
- (4) 今回は二回のみデータで、自分たちが決めた定義の中では乗法的関数が成り立った。しかし、定義を変えデータをより正確にしたときもこれが成り立つか今後研究を進めていく必要がある。

【用語解説】

・ rand 関数

0 から 1 の間で乱数を繰り返す。

ワークシートが再計算されるたびに出力される乱数が変化。

・ 乗法的関数

ここでは乗法的関数の 2 つの例を紹介します。

コインの収束回数つまり二面体の収束回数が 10 回、4 面体の収束回数が 175 回、6 面体の収束回数が 375 回、8 面体の収束回数が 1492 回、12 面体の収束回数が 3363 回です。

$10(2 \text{ の収束回数}) \times 175(4 \text{ 面体の収束回数}) \doteq 1492(8 \text{ 面体の収束回数})$

$10(2 \text{ の収束回数}) \times 425(6 \text{ 面体の収束回数}) \doteq 4180(12 \text{ 面体の収束回数})$

(例) 4 面体の場合

	1	2	3	4
100回	27	25	30	18
確率	27%	25%	30%	18%
200回	51	48	55	46
確率	25.50%	24%	27.50%	23%
300回	72	68	92	68
確率	24%	22.67%	30.67%	22.67%
400回	94	90	113	103
確率	23.50%	22.50%	29%	25.75%
500回	122	116	133	129
確率	24.4	23.2	26.6	25.8
600回	142	139	156	163
確率	23.66667	23.16667	26	27.1666667
700回	178	165	182	175
確率	25.42857	23.57143	26	25

	1	2	3	4
100回	27	29	21	23
確率	27	29	21	23
200回	55	51	54	40
確率	27.5	25.5	27	20
300回	74	78	82	66
確率	24.66666667	26	27.333333	22
400回	101	103	104	92
確率	25.25	25.75	26	23
500回	129	126	129	116
確率	25.8	25.2	25.8	23.2
600回	154	146	157	143
確率	25.66666667	24.333333	26.16667	23.833333

* グレーに塗られたところは自分たちで決めた収束の範囲に収まっていないもの

目	1	2	3	4
収束回数	100	100	500	200

～収束を求める～

$$(100+200)/2=150 \dots \textcircled{1}$$

①と②の平均を求める

$$(150+200)/2=175$$

目	1	2	3	4
収束回数	100	200	200	400

$$(200+200)/2=200 \dots \textcircled{2}$$

【メモ】

10 ビスケットの割れ方を調べる

1. 研究の目的

課題研究をするにあたって、私たちはまずものの壊れ方について考えようと思い立ち、先生に相談したところ、身近で安価なビスケットを例に取り上げることを勧められたので、ビスケット自体に興味を持ち、そしてビスケットの割れ方を題材にして、課題研究に取り組んでいくことを決めた。

2. 研究内容

一定の条件でビスケットを割ることができるよう、実験装置を作った。(装置は用語解説を参照)

実験 1

初めに釘を用いてビスケットに衝撃を加えてみた。釘の先端部分を当てて衝撃を加えたところビスケットは割れず、釘の上部を当てて衝撃を加えたところビスケットが割れたことから、ビスケットの割れ方には衝撃を加える面積が関係しているのではないかと考え実験を行った。

力を加える面積とビスケットの割れ数の関係について、面積が大きいほど割れ数が多くなるという仮説を立てた。それを調べるために断面積の異なる3種類の木の棒を用意し、ビスケットに当てる面積を変化させてビスケットを割る実験を行った。鉄球の質量と鉄球を落とす高さは一定に、棒をビスケットの中心に当たるようにして、棒1種類につき200枚を装置で割り、割れ数を調べた。

棒が当たった中心部は細かい破片となったが、全体としては中心から放射状に割れた2~5の大きさの破片となった。(用語解説の写真を参照)

実験 2

実験1の結果から、衝撃を加える面積が変化したことによりビスケットに加わる圧力が変化し、割れ数に影響しているのではないかと考えた。それを調べるために質量の異なる3種類の鉄球を用意し、衝撃を加える面積と鉄球を落とす高さを一定に、装置で1種類につき100枚を割り、割れ数を調べた。

実験 3

参考文献より、ビスケットに衝撃を加えたときビスケットに元から入っていたヒビが成長し亀裂となって割れると知り、ビスケットに意図的に傷を入れてから衝撃を加えれば割れ方をコントロールできるのではないかと考えた。

それを検証するために中心から放射状に4等分、5等分、6等分に分割する溝(深さはビスケットの厚1/3)を彫ったビスケットを、装置を使って衝撃を加える面積、かかる力を一定に1種類につき100枚ずつ割った。

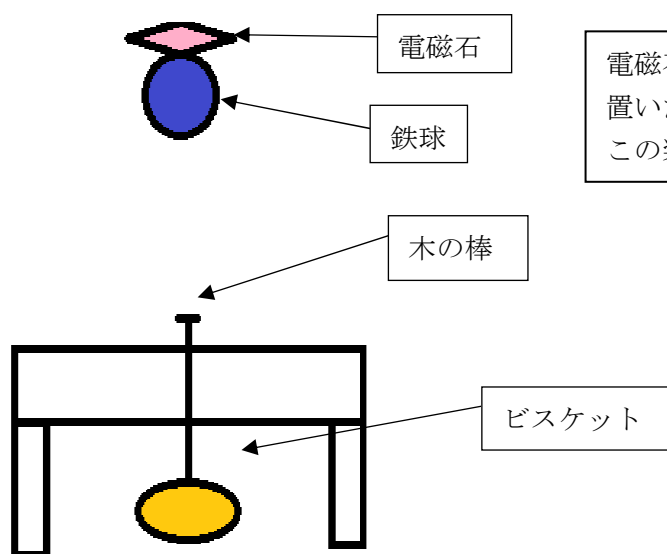
直径8mmの木の棒を使用して実験を行ったところ、実験1では見られなかった5枚割れ、6枚割れが一部みられた。

3. 研究のまとめ

- (1) 棒の面積を大きくすると、割れ数が大きくなる確率が大きくなる。
- (2) 棒が細いうちは、5枚割れは生じない。
- (3) 3枚割れの場合でも、全体の50%となる大きな破片は生じない。
- (4) 4枚割れのときはほぼ均等な破片に割れるが、3枚割れでは破片の大きさの分布が、棒の太さによって違いがあった。
- (5) 誘導することで、鉄球と棒の条件では割れない数に割ることができる。

【用語解説】

・装置



電磁石を使用し、ビスケットの上に置いた木の棒に鉄球を落とす。
この装置によって実験を行う。



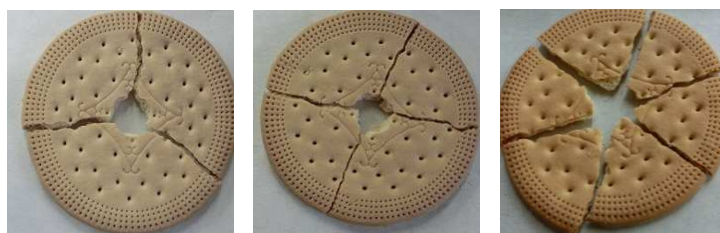
・ビスケット

かーさんケット(写真右)を使用する。

採用理由は、業務用スーパーで安価に売っていたことと、大量生産されて、均一な材質であると推測したため。

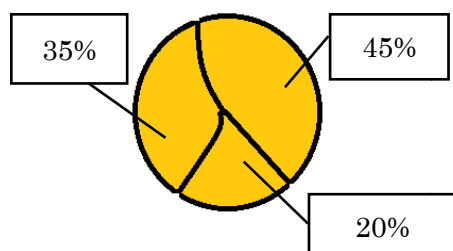
・割れ数

ビスケットが放射状に割れた(大きな)破片の数。



・%割れ数

ビスケット全体の質量に対して破片の質量が占める割合。



【メモ】

11 ウーブレックのダイラタンシーに関する研究

1. 研究の目的

ウーブレック(片栗粉と水を混合した流体)に急激な力を加えると固体のように振舞う「ダイラタンシー」という現象は、今では広く知られている。私たちはその現象に興味を持ち、調べていく中で、この現象の原理の説明は未だに曖昧であると知った。そこで、その原理を究明しようと考え、どのような条件でダイラタンシーが強く現れるのかを調べることを目的に研究を行った。

2. 研究内容

実験 1

ダイラタンシーの強さを定量化するために、ダイラタント流体の特性とされる剪断粘度増加を用いようと考えた。実際の回転式粘度計を参考にして、ウーブレックからの剪断応力の変化の様子から、見かけの粘度変化を調べることでできる装置Ⅰを作成した。

まず、比較対象として、ニュートン流体であるグリセリンの粘度変化を調べた。ほとんど粘度が一定という結果が得られたことから、およそ適正な測定ができると考えてよいと判断した。

次に、ウーブレックの粘度変化を調べた。速度に応じて粘度が増加すると予想していたが、実際には粘度の増加は確認できなかった。また、速度がある大きさを超えると粘度が小さくなることが確認できた。しかし、剪断粘度増加が起こらない以上、この方法ではダイラタンシーの強さを定量化できないと判断した。

実験 2

剪断方向の応力よりも、垂直方向(圧縮・引張方向)の応力の方が、ウーブレックの性質に寄与するところが多いとする研究結果があると知り、動きに対するウーブレックからの抗力(剪断・垂直の両方向の応力)でダイラタンシーの強さを評価しようと考えた。作成した装置Ⅱを用いて、円柱を流体に差し入れて動かしたときの、円柱にはたらくウーブレックからの抗力を測定した。

円柱を動かすためにかける力のかけ方によって抗力は大きく異なり、単純に速度だけでは定まらないことが分かった。この方法でもダイラタンシーの強さは定量化できなかった。

実験 3

片栗粉とエタノール水溶液を混合した流体は、通常のウーブレックと比べてダイラタンシーが弱いという研究結果を知った。そこで、実験 1 および 2 でダイラタンシーの強さの定量化はできなかったものの、片栗粉とエタノール水溶液を混合した流体のさまざまな動きに対する挙動を通常のウーブレックと比較することにした。また、装置Ⅱを用いて抗力の計測も行った。

3. 研究のまとめ

- (1) 作成した装置Ⅰを用いて、流体の見かけの粘度を計測できた。
- (2) ウーブレックの粘度は、剪断速度による増加はせず、加えて、剪断速度がある大きさを超えると小さくなる。
- (3) ウーブレックの抗力は、力のかけ方によって大きな差があった。また、抗力と速度との関係は見出せなかった。
- (4) ダイラタンシーの強さの定量化はできなかった。そのため、計画していた実験の多くは行えなかった。
- (5) 片栗粉とエタノール水溶液を混合した流体は、通常のウーブレックと挙動が大きく異なった。ダイラタンシーは見られるものの、力が加わって固まったものは脆く、再び流動化するのに時間がかかった。

【用語解説】

・ ウーブレック

片栗粉と水を混合した流体。液面を走る実験で知られている。ダイラタント流体の一つとされ、急激な変形に対しては固体のように振る舞い、ゆっくりとした変形に対しては液体のように振舞うという性質がある。

・ 粘度

流体の粘りの度合い。流体の抗力などにかかわる。

・ 剪断応力

平行な二平面がすれ違うとき、間に挟まれる粘性のある物体から受ける単位面積当たりの力。物体の粘度を η 、二平面の相対速度を U 、間隔を h とすると、次の式で表される。

$$\tau = \eta \frac{U}{h}$$

・ ニュートン流体

粘度が一定である流体。ニュートン流体でないものは非ニュートン流体という。

・ ダイラタンシー

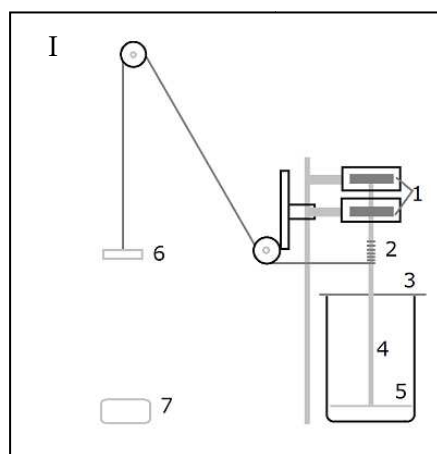
非ニュートン流体の一つ、ダイラタント流体が持つ性質。液体を含んだ粉末固体粒子系に急激な外力が加わると、流動性が失われ、体積が膨張する。また、それによって粘度が増加するとされる。

・ 回転式粘度計

剪断速度を無段階で変えながら粘度変化を測定することが可能な粘度計。本研究で作製した装置 I では剪断速度を段階的にしか変えることができない。

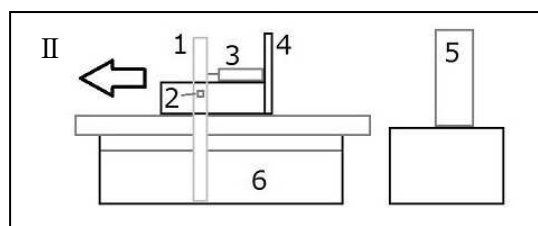
装置 I

- 1 : ボールベアリング
- 2 : 水糸(円筒に巻きつけてある)
- 3 : 水の蒸発を防ぐためのプラスチック製の板
- 4 : プラスチック製の円筒と薄い円盤
- 5 : 流体を入れるビーカー
- 6 : 距離センサのための反射板
(錘を載せるのにも利用)
- 7 : 距離センサ



装置 II

- 1 : プラスチック製の円筒(穴は塞いである)
- 2 : てこの支点
- 3 : 力センサ
- 4 : 距離センサのための反射板
- 5 : 距離センサ
- 6 : 流体を入れる容器



12 水切りの条件

1. 研究の目的

水切りとは、水面に向かって切るように石を投げ、石を水面で反射させながらできるだけ遠方まで届けようとする遊びである。そのコツについては、「薄い石を選ぶと跳ねやすい」「速ければ速いほど跳ねやすい」等々経験則として言及されているに過ぎない。本研究の目的は、どのような条件の下で水切りが起こるのかについて調べることである。その上で、そもそもなぜ水切りは起こるのかという疑問に対し物理的な説明を試みたい。

2. 研究内容

① 概要

- ・加工性の観点から石の代わりに木材を用いて投射物を作成した。形状は円柱型とした(以下、木片と表記)。発射装置はゴムを使って木片を発射するものを自作した。
- ・光ゲートセンサを用いて発射された木片の速さを測定し、木片の速さと水切りの成否を記録した。なお、各実験において発射装置の水面までの高さ、水深は統一した。その上で、入射角度、木片の形状、水流の有無など水切り現象に影響を与えると予想される条件を変えつつ計測を繰り返し、それらの結果を比較し考察を加えた。

② 実験Ⅰ(入射角度について)

- ・木片の入射角度を 10° 、 15° 、 20° 、 25° の4段階に変化させて、それぞれ100回程度計測を行い、入射角度と水切りの成否について調べた。

③ 実験Ⅱ(木片の形状について)

- ・木片の厚さを厚(1.8 cm)中(1.2 cm)薄(0.6 cm)の3種類、木片の円板面の直径を大($\phi 6.0$ cm)中($\phi 5.0$ cm)小($\phi 4.0$ cm)の3種類、計9種類の木片を用意した(実験Ⅰで使用したのは、厚さ中・直径中の木片)。入射角度は 10° 、 15° 、 20° の3段階とした。速さは11~15m/sとなるようにし、それぞれ50回程度計測を行い、木片の形状と水切りの成否について調べた。

④ 実験Ⅲ(水流による影響について)

- ・河川には水の流れが存在する。そこで、水流が水切りの成否に与える影響について調べた。ホースを用いて水流を発生させた。水流は木片を打ち出す向きに統一した。入射角度は 10° 、 15° 、 20° とし、各々の角度について、水流なしの際に最も跳ねた木片を用いて実験を行った。また、④のみ、跳ねた木片の脱出速度の計測も行って、水流がないときの記録と比較した。

3. 研究のまとめ

実験Ⅰ：全ての入射角度で、9~11m/sで最も成功率が高かった。また、入射角度が増すごとに、成功する場合の石の速さが狭い範囲に集中する様子が見られた。 10° 、 15° 、 20° の順に成功率は下がり、入射角度が 25° の時は、50回目まで1回も跳ねなかった。

実験Ⅱ：厚さに関して、 10° では中、厚、薄の順に、 15° 、 20° では厚、中、薄の順に成功率は低下した。また、 15° 、 20° では薄い木片は一回も跳ねることはなかった。大きさに関しては顕著な規則性は見出せなかった。

実験Ⅲ：水流が無い場合に比べ、成功率は低下した。水流がない場合、脱出速度は入射速度の60%に低下したのに対し、水流がある場合、脱出速度は入射速度の75%に低下した。

4. 今後の展望

予想と反する結果が多かった。更に追実験を行い、結果の信頼性を高めたい。得られた結果から、研究の出発点である、なぜ水切りは起こるのかという疑問に対する物理的な説明を試みたい。

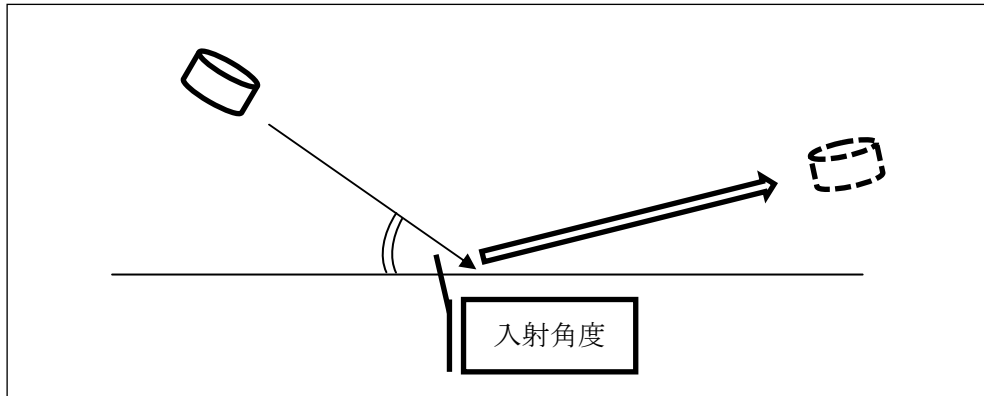
【用語解説】

・水切り

本研究では、木片が下図のように水面を完全に離れたとき、「水切りが起きた」と呼ぶことにする。

・入射角度

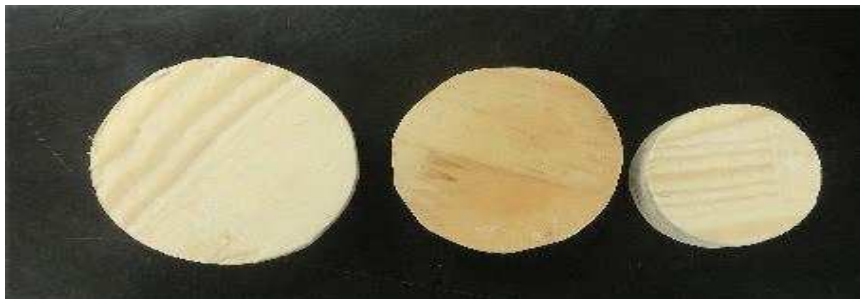
入射角度は下図のように定義する。



・木片



(厚さ：左から薄・中・厚)



(直径：左から大・中・小)

・実験装置



13 麦茶の泡沫に関する研究

1. 研究の目的

ペットボトルに入った麦茶をかばんに入れて運んだり、ボトルに麦茶を注いだりなど、日常生活の中で麦茶が泡立っていることがある。麦茶の泡は生じたあと消えずに残り、観察してみると、その時々で性質の違う泡が立っていることに興味を持った。そこで、麦茶の泡沫のでき方に着目し、条件によって生じる泡沫の違いを調べると共に、最終的に泡沫の立ちやすい条件を明らかにすることを目標に研究を始めた。

2. 研究内容

ビュレットを垂直に固定して麦茶を注ぐ装置を作製した。※用語解説参照

実験1 注ぐ高さで泡沫の量の関係

ペットボトルの麦茶を用意した。注ぐ高さを20cm・30cm・40cm・50cmと変えて生じる泡沫の量を測定したところ、注ぐ高さで泡沫の量に顕著な関係性が見られ、注ぐ高さが高いほど生じる泡沫の量は少なかった。

実験2 麦茶の古さと泡沫の量の関係

ペットボトルの未開封の麦茶と開封後約10日経過した麦茶を用意した。注いだ時に生じる泡沫の量をそれぞれ測定したところ、未開封の麦茶の方が開封後約10日の麦茶よりも生じる泡沫の量が多かった。

実験3 ペットボトル麦茶とパック麦茶の泡沫の違い

ペットボトルの麦茶とパックの麦茶(水出し)を用意した。注いだ時に生じる泡沫の量をそれぞれ測定したところ、ペットボトルの麦茶の方がパックの麦茶よりも泡沫の量が多かった。

実験4-1 麦茶の濃さと泡沫の量の関係(水出し)

パックの麦茶を使い、通常の2/3倍・1倍・2倍・3倍・4倍の個数入れて作った5種類の麦茶(水出し)を用意した。注いだときに生じる泡沫の量をそれぞれ測定したところ、入れたパックの個数が多いほど泡沫の量が多かった。

実験4-2 麦茶の濃さと泡沫の量の関係(煮出し)

実験4-1を煮出しの麦茶を用いて行ったところ、水出しの時と同様の結果が得られた。

実験5 麦茶の温度と泡沫の量の関係

ペットボトルの麦茶を5℃以下に冷却し保ったもの、常温のもの、45℃以上に加熱し保ったものを用意した。注いだときに生じる泡沫の量をそれぞれ測定したところ、麦茶の温度が高くなるほど泡沫の量が多かった。

3. 研究のまとめ

- (1) 麦茶を注ぐ高さが高いと、生じる泡沫の量が少なくなる。
- (2) ペットボトルの麦茶は、開封からの時間が長いと、品質が変化して生じる泡沫の量が少なくなる。
- (3) パックの麦茶よりもペットボトルの麦茶の方が多くの泡沫が生じる。
- (4) パックの麦茶では、入れるパックの個数が増えるほど、生じる泡沫の量が増える。
- (5) 麦茶の温度が高くなると、生じる泡沫の量が増える。

【用語解説】

・ ペットボトルの麦茶

「axial α 麦茶(清涼飲料水)」を使用した。
原材料名：六条大麦(カナダ産)、乳化剤

・ パックの麦茶

「大三茶舗 麦茶(ティーバッグ)」を使用した。
原材料名：大麦(福井県産)

・ 装置

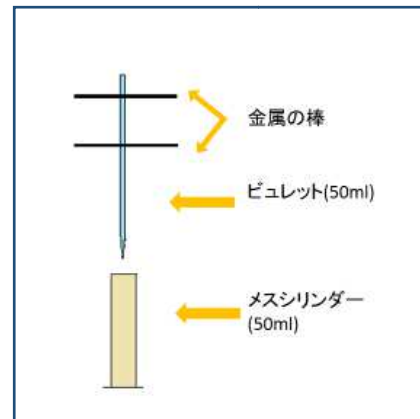
50ml ビュレットをシリコン製のベルトで鉛直になるように固定したもので麦茶を注ぎ、50ml メスシリンダーで受ける。注ぐときはビュレットの注ぎ口を全開にする。すべての実験で、注ぐ麦茶は25ml になるように調整した。

・ 水出し

水道水にティーバッグを入れ、約1時間放置して麦茶を作ること。

・ 煮出し

沸騰させたお湯にティーバッグを入れ、3~5分煮た後にティーバッグを取り出して、麦茶を作ること。



【メモ】

14 クラドニ図形の規則性に関する研究

1. 研究の目的

1 年生の物理の授業で、波の実験で鉄板を振動させて上に載せたコルク粉が様々な形になるというものを見たときに、もっと様々な形が作れるのではないだろうかと考えた。調べていくと、クラドニ図形というものがあった。クラドニ図形には様々な形があることを知った。そこで、私たちはただ形を作るだけではなく、規則性があるのではないのかと考えた。そして、様々な条件に変えることによって、規則性があるのではないか、という点に焦点を当てて実験を進めていくことにした。

2. 研究内容

準備

正方形のアクリル板を用意する。次に、スピーカーをアクリル板の中心に取り付け、アクリル板の上に粒子を乗せる。そして、スピーカーから音を出し、アクリル板を振動させ、動いた粒子の形を観測した。

実験 1

周波数を変えたときどのような変化が起こるのかを観測したところ周波数を大きくするほど模様の方が複雑になった。

実験 2

粒の大きさを変えて実験を行ったところ、それらによる変化は見られなかった。ただし節に粒子が集まることによって形が形成されるので動きやすい小さな粒子のほうが、現れる形の節が細かく、高い周波数ときにも綺麗な模様を観測することが出来る。

実験 3

アクリル板の端に粘土をつけ、振動させないようにすることで固定端の板を用意することができた。この時粘土で押さえていない板の大きさは自由端の板と同じ大きさにする。固定端の板で観測された形の二倍の周波数を自由端の板で振動させたとき、中心の模様が同じになるということが観測された。

実験 4

アクリル板の大きさが同じで、厚さのみを変えたものを用意し、規則性が見られるか実験を行った。同じ形を観測するとき周波数は厚さに比例することが分かった。

実験 5

アクリル板の材質と厚さが同じで、大きさのみを変えたものを用意し、規則性が見られるか実験を行った。同じ形を観測するとき周波数は面積に反比例することがわかった。

3. 研究のまとめ

- (1) アクリル板の定常波の節に粒子がたまることによって形ができるので、周波数を大きくしたとき、波長が短くなることによって、波数が多くなり節のできる数が多くなる。その結果、細かく複雑な模様を観測することが出来る。
- (2) アクリル板の厚さや面積を変えても形の移り変わり方はかわらない。
- (3) アクリル板の端を固定端から自由端に変えた時では、板の端の節と腹が逆になる。そのため、アクリル板に二倍の振動数を与えることによりアクリル板の中心で、同じ模様を観測することが出来る。
- (4) アクリル板の条件を変えて、同じ形を観測したとき、周波数は厚さに比例し面積には反比例する。

【用語解説】

- ・クラドニ図形

18世紀のドイツの物理学者、エルンスト・クラドニによって発見された、音を可視化した図形

- ・周波数

単位時間当たりの振動の回数

- ・自由端

媒質(振動している物質)の端が自由に変位できるようになっている状態

- ・固定端

媒質の端が固定されており、波が到達しても変位できないようになっている状態

【メモ】

15 羽ばたき飛行機に関する研究

1. 研究の目的

鳥類は、翼を羽ばたかせて空を飛んでいる。その飛行性能は優れており、上昇・滑空・空中停止・旋回など、様々な飛行をする。人類は航空機を開発して空を飛べるようになったが、鳥のように自由に空を飛ぶことはできない。現在、航空機は翼に生ずる揚力を利用して飛行していて、その翼には「固定翼」と、「回転翼」がある。それとは異なり、鳥は翼が羽ばたき運動をしている。そこで「パタパタ飛行機」というキットを用いて、飛行性能の高い羽ばたき飛行機を作ることを目的に研究を行った。

2. 研究内容

動力は変えず、翼や尾翼の形や材質を変えて飛行性能を改良しようと試みた。

(「PP おもりなし」、「PE」等は用語解説を参照)

実験 1

同じ種類の羽ばたき飛行機作成キットを用いて、4種類の飛行機を作製し、力センサーを用いて推進力を測定した。また、推進力のみを測るために発射台を用いた。推進力の散布図を見たところ、「PP」、「PP おもりなし」はばらつきが大きく、「PE」、「PE 改」はばらつきが小さかった。その結果、推進力の上位 25%の平均値は、「PP」>「PP おもりなし」>「PE 改」>「PE」となった。下位 75%の平均値は、「PP おもりなし」>「PP」>「PE 改」>「PE」となった。

実験 2

実験 1 で用いた 4 つの飛行機が飛んでいる様子を撮影し、それぞれの飛行速度と 1 秒当たりの羽ばたき速度、振り上げと振り下ろしにかかる時間を比較した。結果は、飛行速度は「PP おもりなし」が最大で、次いで「PE 改」、「PP」、「PE」の順になった。羽ばたき速度は、「PE 改」が最大で、次いで「PP」と「PP おもりなし」が同値で、「PE」が最も小さかった。振りあげと振り下ろしにかかる時間の比較の結果、「PE 改」は振り下ろしのほうが少し早く、「PE」は振り上げのほうが少し早かった。「PP」は振り下ろしのほうが早く、差が大きかった。

実験 3

各飛行機の飛んでいた時間を計測し、その平均を比較した。その結果、「PP」、「PP おもりなし」、「PE」の 3 機は、大きな差が見られなかったが、「PE 改」は他よりはるかに長く飛んでいた。

実験 4

実験 3 より羽ばたきの速度が大きくなると飛行中の上下動が大きくなる。尾翼の大きさを変えることで上下動を小さくできると推測した。そこで、「PP おもりなし」の尾翼の大きさを変えて、飛行時間と飛行姿勢にどのような影響が出るかを調べた。その結果、尾翼を大きくすると飛行時間は長くなった。

3. 研究のまとめ

自分たちで作った飛行機で、推進力と飛行速度の向上はできなかったが、飛行時間を長くすることが出来た。

- (1) 翼のしなりを大きくすると推進力が上がり、飛行速度、羽ばたき速度も上がる。
- (2) 推進力にばらつきが出たのは振り上げと振り下ろしの速度の差による。
- (3) 尾翼を大きくするにつれて上向きに飛ぶ。それに伴い飛行時間も延びる。
- (4) 尾翼の大きさを変えると飛行姿勢に大きな差が生じる。尾翼が小さいと、発射後に大きく降下する。尾翼を大きくすると、上下動が小さくなる。

【用語解説】

・PP おもりなし

市販された作成キット(「パタパタ飛行機」、池田工業社)のまま作った飛行機。ポリプロピレンの平坦な羽をつけたもの。



・PP

以下のようにキットを改良したので、「PP おもりなし」におもりをつけて質量を改良型と同じにした飛行機。

・PE

発泡スチロールの骨組みにポリエチレンのシートを張った羽をつけた飛行機。流線型の羽にすれば空気抵抗が小さくなり、揚力が大きくなるという予想を確かめるために作成した。



・PE 改

ストローの骨組みにポリエチレンを張り、少し切れ込みを入れた羽をつけた飛行機。しなりが大きくなると、揚力も大きくなるという予想を確かめるために作成した。



・尾翼の大きさ

尾翼は二等辺三角形で、もともとの長さを4としたとき、それぞれの底辺の長さの比が2:3:5:6となるようにした。



【メモ】